

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06. «Мехатроника и робототехника»
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического стенда

УДК 004.4.001.891.54.621.865.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Зуева Софья Васильевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Беляев Александр Сергеевич			
Руководитель ООП	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Петухов Олег Нико- лаевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ ТПУ	Авдеева Ирина Ива- новна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Вла- димирович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств, и систем, в том числе их систем управления.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		

P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06. «Мехатроника и робототехника»
Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Мамонова Т.Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8E41	Зуева Софья Васильевна

Тема работы:

Разработка программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического стенда	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p style="text-align: center;">Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Программно-алгоритмический комплекс для учебного стенда должен разрабатываться с учетом имеющейся на направлении ОАР лабораторной базы, а именно: манипулятор в составе роботизированного комплекса - конвейера по сбору деталей с техническим зрением.</p> <p>Программно-алгоритмический комплекс должен быть разработан в среде Matlab и пакете Simulink как основном программном обеспечении, используемом для разработки и обучения студентов бакалавров специальности 15.03.06 «Мехатроника и Робототехника» предметам, таким как: основы мехатроники и робототехники, теория автоматического управления, моделирование мехатронных и робототехнических систем, компьютерное управление</p>
<p style="text-align: center;">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Аналитический обзор по имеющимся решениям; 2) Разработка структурной схемы системы управления роботом-манипулятором, включающим в себя трехмерную модель манипулятора; 3) Решение прямой и обратной задачи кинематики; 4) Создание математической модели двигателя постоянного тока; 5) Создание трехмерной модели робота-манипулятора.

процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).		
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП ТПУ к.э.н. Петухов Олег Николаевич	
Социальная ответственность	Ассистент ОКД ИШНКБ ТПУ Авдеева Ирина Ивановна	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Беляев Александр Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Зуева Софья Васильевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06. «Мехатроника и робототехника»
Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2018 г.	Основная часть	60
30.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
15.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н. ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна			

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 17 рисунков, 25 таблиц, список используемых источников содержит 43 наименования и приложение на 5 листах.

Ключевые слова: РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР, ПРЯМАЯ ЗАДАЧА КИНЕМАТИКИ, ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КИНЕМАТИКИ, ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ МАНИПУЛЯТОРА, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ.

Цель работы – разработка программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического стенда.

В процессе проведения работы был проанализирован рынок имеющихся программных решений для управления и визуализации работы роботов-манипуляторов. В результате анализа был выявлен наилучший метод решения обратной задачи кинематики для разработки программно-алгоритмического комплекса управления роботом-манипулятором. Проведена разработка структурно-функциональной схемы программно-алгоритмического комплекса управления. Решена прямая и обратная задачи кинематики. Разработана математическая модель двигателя и проведена настройка трехконтурной системы управления двигателем. Разработана трехмерная модель манипулятора для визуализации его работы.

В будущем планируется продолжение работы над данной темой, расширение функционала и апробация данного программного обеспечения на реальном роботе.

Дипломная работа написана в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. Графический материал выполнен в векторном графическом редакторе Adobe Illustrator 2018 и в системе трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования Autodesk Inventor Professional 2017.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе были использованы следующие термины и соответствующие определения:

Робот-манипулятор – оснащенное рабочим органом исполнительное устройство для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве. [1]

Двигатель постоянного тока – электрическая машина постоянного тока, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию. [2]

Трехмерная модель – это оптическое зрительное воссоздание графических 3D объектов в виде визуально-математических форм, воспроизводимых на мониторе компьютера с целью обеспечения реалистического отображения обрабатываемых компонентов и дальнейших манипуляций с ними.

Симулятор – компьютерный имитатор, задача которого состоит в имитации управления каким-либо процессом, аппаратом или транспортным средством.

Также использованы следующие сокращения.

ОЗК – обратная задача кинематики.

ПЗК – прямая задача кинематики.

ПАКУ – программно-алгоритмический комплекс управления.

ПАК – программно-алгоритмический комплекс.

ПО – программное обеспечение.

ОС – операционная система.

Оглавление

Введение.....	12
1. Обзор аналогов.....	14
2. Разработка программно-алгоритмического комплекса	15
2.1. Разработка структурной схемы программно-алгоритмического комплекса управления	16
2.2. Анализ методов решения задач кинематики	18
2.2.1. Геометрический метод решения обратной задачи кинематики	18
2.2.2. Метод Денавита-Хартенберга.....	18
2.2.3. Метод прямого и обратного следования	20
2.3. Решение прямой и обратной задач кинематики для робота- манипулятора.....	21
2.4. Математическая модель двигателя постоянного тока.....	23
2.4.1. Управление двигателем постоянного тока	25
2.5. Трехмерная модель робота-манипулятора	28
2.5.1. Создание твердотельных объектов частей манипулятора.....	28
2.5.2. Создание трехмерной модели в «Matlab Simulink».....	31
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	36
Введение.....	36
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	37
3.1.2. Потенциальные потребители результатов исследования	37
3.1.3. Анализ конкурентных технических решений	37
3.1.4. SWOT-анализ.....	38

3.1.5. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	41
3.2. Планирование научно-исследовательских работ	42
3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	42
3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	42
3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	43
3.2.4. Бюджет научно-технического исследования	46
3.2.4.1. Расчет материальных затрат	46
3.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	46
3.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	47
3.2.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	48
3.2.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды	49
3.2.4.6. Расчет затрат на научные и производственные командировки.....	49
3.2.4.7. Контрагентные расходы	49
3.2.4.8. Накладные расходы	50
3.2.4.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	50
3.3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	51
4. Социальная ответственность	55
Введение.....	55
4.1. Производственная безопасность	55
4.1.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света.....	56
4.1.3. Повышенный уровень шума	58
4.1.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	59

4.1.5. Повышенная напряжённость электрического поля	59
4.1.6. Повышенная или пониженная влажность воздуха	59
4.1.7. Статические перегрузки	60
4.1.7.1. Умственные перегрузки, перегрузки анализаторов	60
4.1.8. Электробезопасность	61
4.1.9. Короткое замыкание	62
4.1.10. Статическое электричество	62
4.2. Экологическая безопасность.....	63
4.2.1. Воздействие на литосферу	63
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	64
4.3.1. Пожарная безопасность	64
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
4.4.1. Особенности законодательного регулирования проектных решений...	65
4.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	66
4.4.3. Эргономические требования к рабочему месту.....	66
4.4.4. Окраска и коэффициенты отражения.....	66
Выводы	67
Заключение	68
Список публикаций студента.....	69
Список литературы и использованных источников	70
Приложение А	75
Приложение Б.....	77
Приложение В.....	79

Введение

Робот-манипулятор представляет собой устройство, которое используется в различных сферах промышленного производства и может выполнять такие же функции, как конечность человека. Они задействованы во многих сферах деятельности, выполняют разные виды работ, отличающиеся степенью тяжести и опасности, а также требуемой точностью.

В настоящее время во всем мире и в России наблюдается расширение рынка робототехники. Большая часть роботов, которые используются в мире на данный момент – это промышленные роботы. По данным инновационного центра «Сколково» в России в 2016 году был достигнут уровень продаж в 294 312 единиц проданных роботов. По прогнозам на 2018-2020 годы использование роботов будет расти с 1 828 тыс. единиц до 3053 тыс. единиц. По подсчетам, это составляет примерно 14% ежегодного прироста. [3]

Однако, при отмеченных темпах роста робототехнического парка требуется подготовка квалифицированных кадров, которые смогут поддерживать в надлежащем состоянии, обслуживать и управлять роботами. Подготовка таких специалистов подразумевает первоначальное обучение на ПО, с помощью которого специалист сможет приобрести первоначальные навыки, обезопасить себя и не повредить дорогостоящее оборудование. Улучшения обучения специалистов можно добиться с помощью программ, имитирующих работу робота в виртуальном пространстве. Симуляторы, созданные в виртуальных средах, помогут будущему специалисту научиться обращаться и программировать промышленного робота, прежде чем он столкнется с роботом в реальной работе.

Именно поэтому разработка симуляторов для промышленной робототехники является актуальной.

Целью данной работы является разработка программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического комплекса для отделения автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета.

Для реализации данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- разработать структурную схему ПО;
- реализовать систему управления положением робота-манипулятора;
- имитировать работу манипулятора с учетом длин звеньев и приводов с наличием трения в подвижных частях, а также затухания энергии ввиду наличия упруго-диссипативного движения звеньев;
- визуализировать информацию о действиях робота.

1. Обзор аналогов

В настоящее время на рынке представлены симуляторы, которые можно разделить на две категории. Первая категория это – симуляторы, которые предоставляются компанией-разработчиком роботов для своей продукции. Такие симуляторы идут в комплекте с роботом или продаются отдельно. Например, симуляторы от компаний «KUKA», «Kawasaki robotics» и «ABB». Чаще всего они поддерживают симуляцию только моделей своей продукции и/или имеют функцию создания новой модели по готовым блокам. Пользователь может программировать сам робот-манипулятор, конструировать его рабочую зону, создавать защитные ограждения, тестировать работу робота в виртуальной среде. [4-6]

Вторая категория – это сторонние симуляторы, в которых есть не только библиотеки роботов от разных фирм, но и возможность моделировать сторонних роботов, сконструированных пользователем. Примером таких программ могут быть «V-per», «Webot» и «Gazebo», который основывается на операционной системе ROS. Некоторые из них бесплатны, некоторые являются коммерческими продуктами, имеющими пробную версию для студентов ВУЗов. [7-9]

Обе категории имеют свой ряд достоинств и недостатков, более подробно они представлены в сводной таблице (приложение А).

Применение симуляторов не ограничивается использованием в управлении промышленными роботами и обучении специалистов, они так же применяются для решения новых инженерных задач и научных исследований. [9-20]

Одним из примеров применения симулятора в исследовании и решении задачи является работа студентов швейцарского федерального технологического института в Лозанне. [21]

Исследовательская группа рассматривала проблему улавливания быстро-летящих объектов на траекториях небаллистического полета: при полетах, длившихся меньше секунды, с объектами, которые имеют произвольную форму и массу, а также когда центр тяжести пойманного предмета не соответствует центру масс.

Ими была решена задача ловли предмета роботом-манипулятором с помощью захвата, имитирующего человеческую ладонь. Роботу было нужно поймать различные по объему и физическим характеристикам предметы: молот, ракетку, пустую бутылку, полупустую бутылку и картонную коробку.

Тестирование ловли предметов было совершенно в несколько этапов. Первый этап включал в себя проверку модели в симуляторе на гуманоидном роботе iCub. В симуляции он ловил молоток и теннисную ракетку. Задача состояла в том, чтобы при ловле предметов они были пойманы непосредственно за рукоятку. В момент ловли у iCub были задействованы только торс и правая рука.

Второй этап заключался в проверке реального робота-манипулятора KUKA LWR 4+. Здесь моделирование в виртуальном пространстве симулятора было частью построения пространственно-постижимой модели робота, для прогнозирования возможных траекторий полета предметов.

Еще одним примером может служить исследование, проведенное группой исследователей из Римского университета Сапиенца. Перед ними стояла задача координации движений робота-манипулятора и человека с помощью бесконтактного определения положения человека (через камеру) для реализации кооперативной работы между ними. Создание симуляции слежения производилось в симуляторе V-per, который был интегрирован в среду ОС ROS. [22]

Многообразие работ [9-20] по данной тематике говорит о том, что симуляторы это необходимое ПО для разработки и создания новых решений в области промышленной робототехники. Они позволяют уменьшить затраты на реализацию задач, открывает поле деятельности для научных исследований, а также позволяет неопытным специалистам повысить свои профессиональные навыки.

2. Разработка программно-алгоритмического комплекса

Решение задачи реализации ПО для обучения специалистов-робототехников будет проводиться согласно техническому заданию (ТЗ), представленному в приложении Б.

2.1. Разработка структурной схемы программно-алгоритмического комплекса управления

На первом этапе разработки ПАКУ для робота-манипулятора требуется разработать структурную схему симулятора робота, содержащего следующий функционал:

- отработка движения робота в заданную точку;
- разработка математической модели двигателя с учетом его реальных характеристик учебного стенда;
- отработка физических параметров робота-манипулятора и влияние физических законов на его поведение;
- визуализация робота-манипулятора и его рабочей среды;
- реализация интуитивно понятного пользовательского интерфейса.

Для реализации первой функции ПАКУ необходимо решить прямую и обратную задачи кинематики. Решение ПЗК требуется как для решения ОЗК, так и для определения значения координат рабочего органа манипулятора, с целью компенсации ошибки между заданным и действительным положением робота. Данная задача реализована в блоке «Решение прямой задачи кинематики» (рисунок 1). Его входом являются углы поворота звеньев манипулятора, выходом – координаты его рабочего органа. ОЗК решается с целью определения углов поворота звеньев по заданному пользователем положению рабочего органа манипулятора, для передвижения виртуальной модели. Данная задача реализована в блоке «Решение обратной задачи кинематики». Входом блока являются желаемые координаты, которые задает пользователь, выходом – рассчитанные углы поворота звеньев манипулятора.

Разработка второй функции требует создания математической модели двигателя и системы управления по трем контурам: по току, по положению и по скорости, поскольку данные характеристики обеспечивают стабильную работу двигателя. Данные контуры управления реализованы в блоке «Управление двигателем», на вход которого поступают углы поворота звеньев с блоков «Решение обратной задачи кинематики» и «Математическая модель двигателя», а на выход

подаётся напряжение двигателя, поступающее на вход блока «Математическая модель двигателя». Передаточная функция, описывающая двигатель постоянного тока, реализуется в блоке «Математическая модель двигателя». Его входом является напряжение, выходом – действительные значения углов поворота двигателя.

Третья функция требует, чтобы реализованная модель подчинялась физическим законам. То есть модель должна учитывать массы деталей манипулятора, массу его рабочего объекта, тензоры инерции, расстановку сил, которые действуют на каждое звено манипулятора. Действие законов, влияющих на манипулятор, осуществляет блок «Физическая модель». Входом этого блока являются действительные значения углов поворота звеньев манипулятора, выходом – реальное положение манипулятора.

При создании ПАКУ необходимо учесть эффективное отображение работы робота. Данная функция реализуется с помощью трехмерной модели робота-манипулятора, которая отражает все изменения в параметрах, внесенных пользователем. Модель будет содержать в себе элементы, присущие трехзвенному роботу-манипулятору, а именно: иметь три звена и эффектор. Осуществление описанных функций производит блок «Трехмерная модель». На вход этого блока будет подаваться реальное положение манипулятора, тогда как на выход будет поступать визуальная информация, выводящаяся на экран компьютера.

Последней функцией, реализованной в ПАК будет непосредственная работа с пользователями. Это интерфейс, с помощью которого пользователь будет вносить изменения в параметры манипулятора: длина звеньев, координаты рабочего органа, масса и размер рабочего объекта, тензоры инерции и др. Частично функции блока «Интерфейс» будет выполнять среда «Matlab», в которой проводится разработка ПАКУ.

Структурная схема, описывающая работу робота-манипулятора, приведена на рисунке 1.

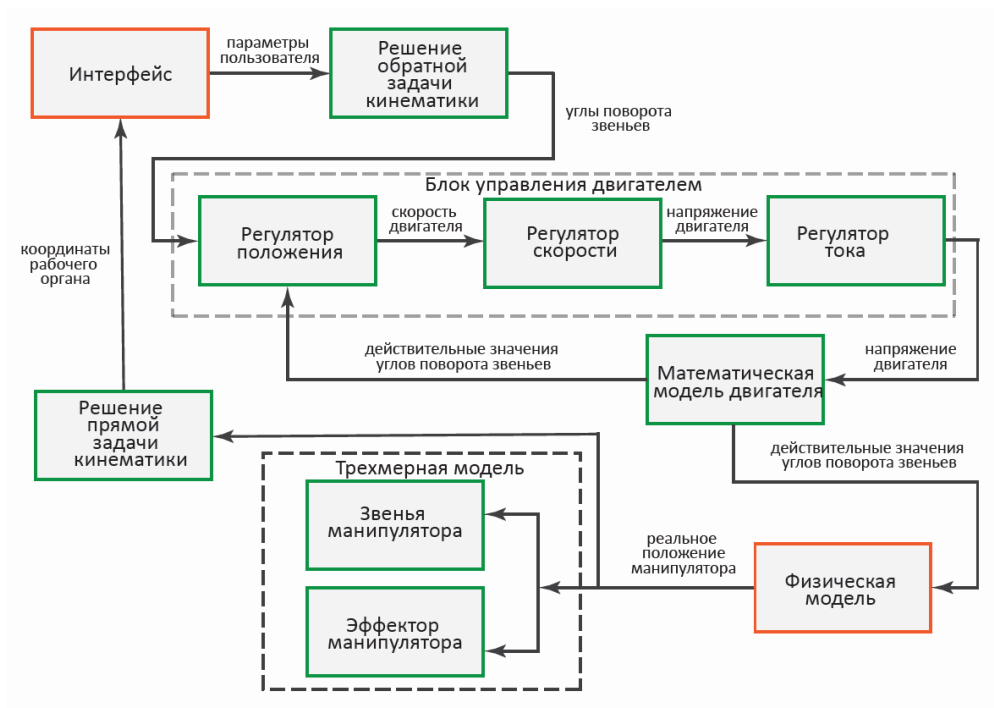


Рисунок 1 – Структурная схема программно-алгоритмического комплекса

2.2. Анализ методов решения задач кинематики

2.2.1. Геометрический метод решения обратной задачи кинематики

Геометрический метод решения ПЗК И ОЗК основывается на представлении положения манипулятора в пространстве, разбиении имеющихся положений на плоскости и решении элементарных геометрических задач с помощью полученных плоскостей. Этот метод позволяет рассчитать значения углов поворота звеньев манипулятора через известные значения координат рабочего органа с помощью применения законов планиметрии. [23]

Геометрический метод сложно реализуем с помощью инструментов программирования, так как создание алгоритма требует описания большого количества ограничений.

2.2.2. Метод Денавита-Хартенберга

Для описания вращательных поступательных движений между соседними звеньями используется матричный метод построения систем координат, связанных с каждым звеном кинематической цепи. Формируется однородная матрица преобразований 4×4 , которая описывает положение системы координат каждого

звена относительно системы координат предыдущего звена. Это дает возможность последовательно преобразовывать координаты рабочего органа манипулятора из системы отсчета, являющуюся инерциальной системой координат для рассматриваемой динамической системы. [24-27]

Кроме базовой системы, для каждого звена на оси его сочленения определяется ортонормированная декартова система координат. Каждая система формируется по следующим правилам:

1. Ось z_{i-1} направлена вдоль оси i -ого сочленения.
2. Ось x_i перпендикулярна оси z_{i-1} и направлена от нее.
3. Ось y_i дополняет оси x_i , z_i до правой декартовой системы координат.

Для расчета манипулятора воспользуемся следующим алгоритмом:

1. Повернем оси z_{i-1} на угол Θ , чтобы ось стала сонаправленной с осью x_i .
2. Сдвинем вдоль оси z_{i-1} на расстояние d , чтобы совместить x_{i-1} и x_i .
3. Сдвинем вдоль оси x_i , на расстояние a , чтобы совместить начала координат.
4. Повернем вокруг оси x_i , на угол α , в результате которого достигается совпадение систем координат.

При этом Θ – угол, на который нужно повернуть ось x_{i-1} вокруг оси z_{i-1} , чтобы она стала сонаправлена с осью x_i ; a – расстояние между пересечением оси z_{i-1} с осью x_i и началом для первой системы координат, отсчитываемое вдоль оси z_{i-1} ; d – линейное смещение – расстояние между пересечением оси; z_{i-1} с осью x_i и началом i -системы координат, отсчитываемое вдоль оси x , то есть кратчайшее расстояние между осями z_{i-1} и z_i ; α – угловое смещение, то есть угол, на который надо повернуть ось z_{i-1} вокруг оси x_i , чтобы она стала сонаправленной с осью.

Каждую из четырех приведенных операций описывают матрицами-поворота. После чего эти матрицы перемножают и получают однородную матрицу для поиска координат.

С помощью математического пакета, например, такого как «Mathcad», можно упростить преобразовать и выразить из полученной матрицы уравнения для решения ПЗК. Решение ОЗК в этом случае требует упрощения полученных

уравнений посредством подстановки констант и выражения углов поворота звеньев.

2.2.3. Метод прямого и обратного следования

Forward and Backward Reaching Inverse Kinematics (FABRIK) – метод использует систему узлов, являющихся твердыми телами, соединенных между собой ребрами, которые задают движение и ограничивают перемещение узлов, относительно соседних ребер, то есть перемещение одного ребра в звене ведет к движению всех ребер в цепочке. [28]

FABRIK отличается от других методов тем, что вместо матриц поворота и преобразования вращения он сводит задачу поиска положения в поиск точки на прямой.

Метод работает в два этапа. Первый этап сравнивает дистанцию от начального узла цепи до желаемой точки с длиной ребер самой цепи, проверяя достижимо ли такое решение. Второй этап отрабатывает алгоритм достижения желаемой точки. Для этого принимают конечный узел, лежащий в желаемой точке, и строят прямую от первоначального положения конечного узла до его текущего положения. Затем ребро, следующее за конечным узлом укладывается, на построенной прямой. Следующие за ним ребра поочередно подстраиваются под положение соседних ребер.

Метод FABRIK удобен тем, что с помощью него можно рассчитывать цепь, состоящую из нескольких разветвленных цепей с заданием ограничений движения. Алгоритм является итерационным и занимает большое количество вычислительных ресурсов.

В настоящей работе выбран метод Денавита-Хартенберга для решения ПЗК и ОЗК, потому что он был хорошо изучен в течение программы подготовки «Мехатроника и робототехника», а так же был неоднократно использован в решении текущих задач и презентован в рамках VIII Фестиваля Microsoft в ТПУ.

2.3. Решение прямой и обратной задач кинематики для робота-манипулятора

Для выполнения первого этапа создания ПАКУ и реализации движения робота-манипулятора необходимо решить прямую и обратную задачи кинематики. В ходе анализа методов решения таких задач был выбран метод Денавита-Хартенберга.

На основании кинематической схемы робота-манипулятора представленной на рисунке 2, составлены матрицы поворота.

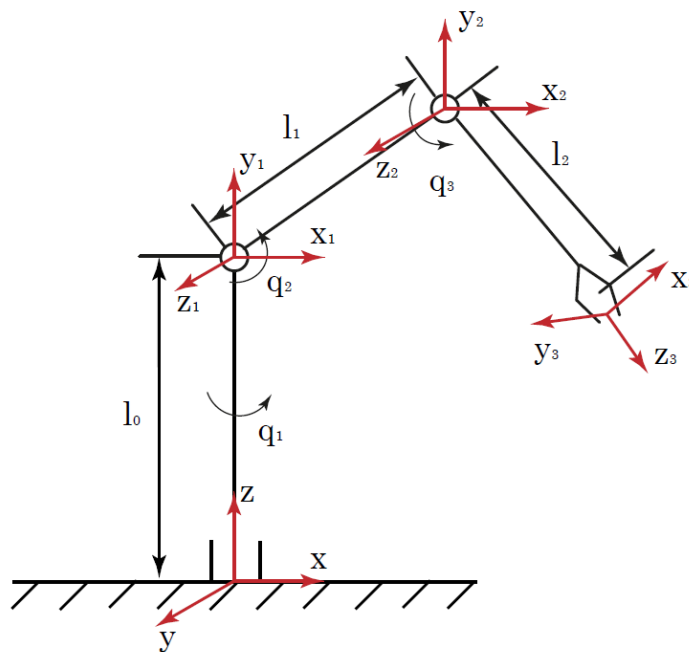


Рисунок 2 – Кинематическая схема робота-манипулятора

Данное решение было представлено в рамках доклада на XIII «Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». [29]

$$A1 = \begin{pmatrix} \cos(q1+90) & -\cos(90)\sin(q1+90) & \sin(90)\sin(q1+90) & a1\cos(q1+90) \\ \sin(q1+90) & \cos(90)\sin(q1+90) & -\sin(90)\cos(q1+90) & a1\sin(q1+90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) & d1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$A2 = \begin{pmatrix} \cos(q2+90) & -\cos(-90)\sin(q2+90) & \sin(-90)\sin(q2+90) & a2\cos(q2+90) \\ \sin(q2+90) & \cos(-90)\sin(q2+90) & -\sin(-90)\cos(q2+90) & a2\sin(q2+90) \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) & d2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$A3 = \begin{pmatrix} \cos(q3+90) & -\cos(90)\sin(q3+90) & \sin(0)\sin(q3+90) & a3\cos(q3+90) \\ \sin(q3+90) & \cos(90)\cos(q3+90) & -\sin(0)\cos(q3+90) & a3\sin(q3+90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(0) & d3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

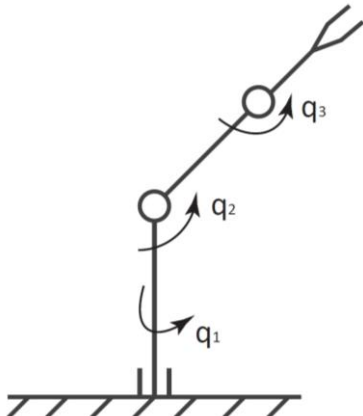
Результатом перемножения матриц поворота в математическом пакете «MathCad», получим матрицу, с помощью которой можно найти координаты рабочей точки, т.е. решить прямую задачу кинематики.

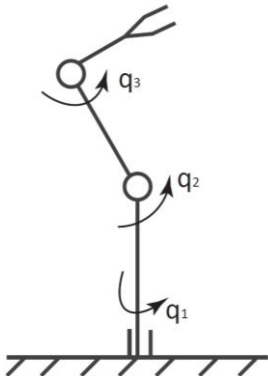
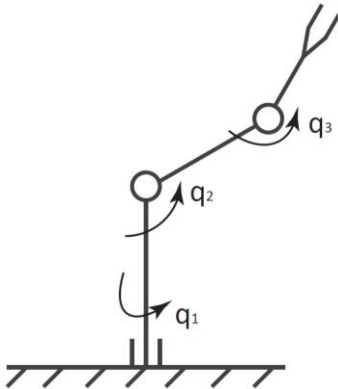
$$\begin{cases} -\sin(q_1) \cdot (L_2 \cdot \cos(q_2) + L_3 \cdot \cos(q_2 + q_3)) = x, \\ \cos(q_1) \cdot (L_2 \cdot \cos(q_2) + L_3 \cdot \cos(q_2 + q_3)) = y, \\ L_1 + L_2 \cdot \sin(q_2) + L_3 \cdot \sin(q_2 + q_3) = z \end{cases} \quad (4)$$

В систему уравнений (4) для решения ПЗК подставим известные длины звеньев и координаты рабочего органа манипулятора и выразим значения углов поворота манипулятора. Расчет углов поворота звеньев производится с помощью скрипта (Приложение В), который написан в программном пакете «Matlab».

Были рассчитаны следующие значения углов поворота манипулятора, при учете его звеньев равных: $L_1=0,1$ м; $L_2=0,5$ м; $L_3=0,35$ м.

Таблица 1. Таблица с вариациями нахождения углов поворота

	Кинематическая схема	Координаты	Углы поворота
Пример 1		$x = -0,354$ $y = 0$ $z = 1,654$	$q_1 = 90;$ $q_2 = 45;$ $q_3 = 45;$

	Кинематическая схема	Координаты	Углы поворота
Пример 2		$x = 0$ $y = 0,76$ $z = 1,583$	$q_1 = 180;$ $q_2 = 120;$ $q_3 = 30;$
Пример 3		$x = 0$ $y = 0,5$ $z = 1,55$	$q_1 = 0;$ $q_2 = 30;$ $q_3 = 60;$

2.4. Математическая модель двигателя постоянного тока

Математическая модель двигателя отражает работу двигателя постоянного тока. За основу модели был взят ДПТ, так как в робототехнике такие двигатели наиболее популярны. Математическая модель двигателя создана на основе системы математических уравнений, описывающих работу двигателя постоянного тока.

$$\begin{cases} U = e + R \cdot i + L \frac{di}{dt} ; \\ M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} ; \\ M = C_M \cdot \Phi \cdot i ; \\ e = C_e \cdot \Phi \cdot \omega . \end{cases} \quad (5)$$

Где U – напряжение на якорной обмотке двигателя; e – электродвижущая сила (ЭДС) якоря; i – ток якоря; Φ – поток, создаваемый обмоткой возбуждения;

M – электромагнитный момент двигателя; M_C – момент сопротивления движению; ω – скорость вращения вала двигателя; R – активное сопротивление якорной цепи; L – индуктивность якорной цепи; J – суммарный момент инерции якоря и нагрузки; C_ω – коэффициент связи между скоростью и ЭДС, C_M – коэффициент связи между током якоря и электромагнитным моментом, k – коэффициент передачи.

По системе уравнений (5) составлена операторно-структурная схема, представленная на рисунке 3.

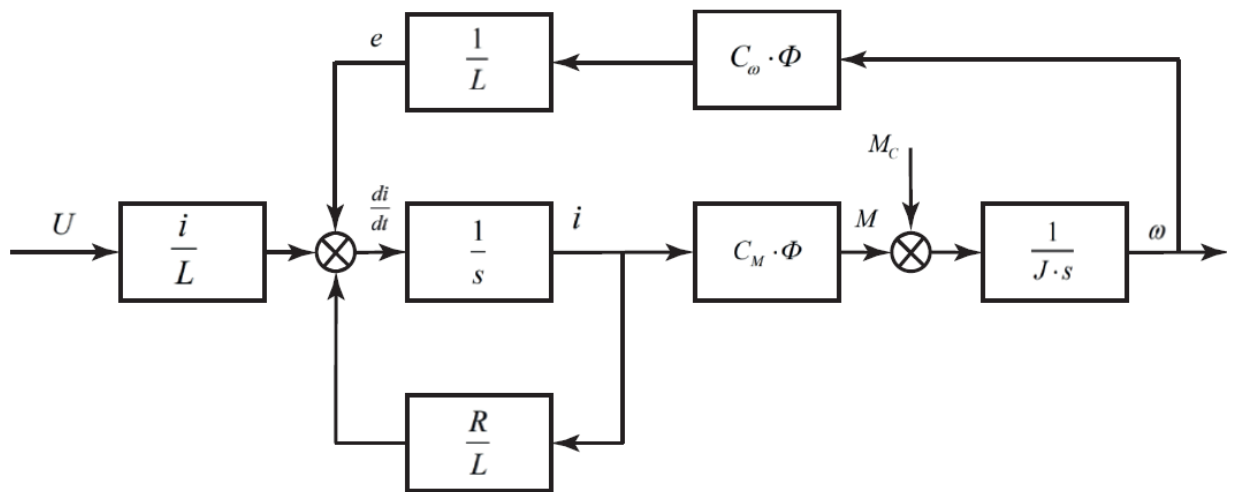


Рисунок 3 - Операторно-структурная схема для двигателя постоянного тока

На основе операторно-структурной схемы в «Matlab» «Simulink» была создана модель двигателя, представленная на рисунке 4.

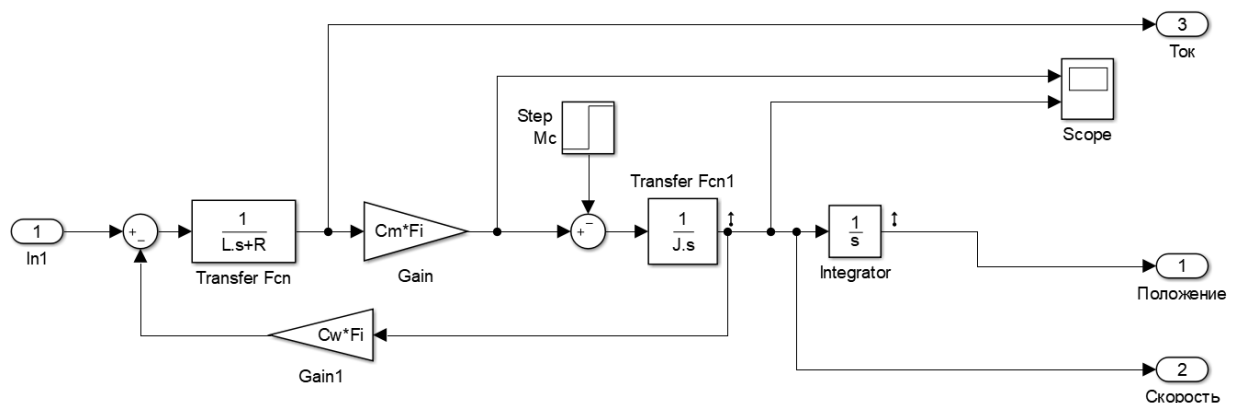


Рисунок 4 – Математическая модель двигателя постоянного тока

Математическая модель ДПТ использует следующие параметры двигателя (таблица 2).

Таблица 2. Параметры для математической модели ДПТ Dunkermotoren

Параметр	L, Гн	R, Ом	J, кг·м ²	C _ω	C _M	k
Значение	0,0085	5,95	0,034	4,3	2,0441	0,0114

2.4.1. Управление двигателем постоянного тока

Управление ДПТ реализовано в виде подчиненной трехконтурной системы на основе блока «ПИД-регулятор» в «Matlab» «Simulink». Корректная работа полученной системы осуществляется с помощью настройки ПИД-регуляторов по току, скорости и положению.

Настройка трехконтурной системы ПИД-регуляторов является сложной задачей для решения ее в рамках ВКР. Поэтому для настройки регуляторов в данной работе были использованы инструменты, входящие в программный пакет «Matlab».

Трехконтурная система ПИД-регуляторов была настроена согласно физическим характеристикам ДПТ (рисунок 5). Регулятор положения настроен так, чтобы у него не было перерегулирования и отсутствовала статическая ошибка. В регуляторе скорости перерегулирование и статическая ошибка должны стремиться к нулю. Регулятор тока должен иметь перерегулирование не больше максимального значения тока, а его статическая ошибка не должна равняться нулю.

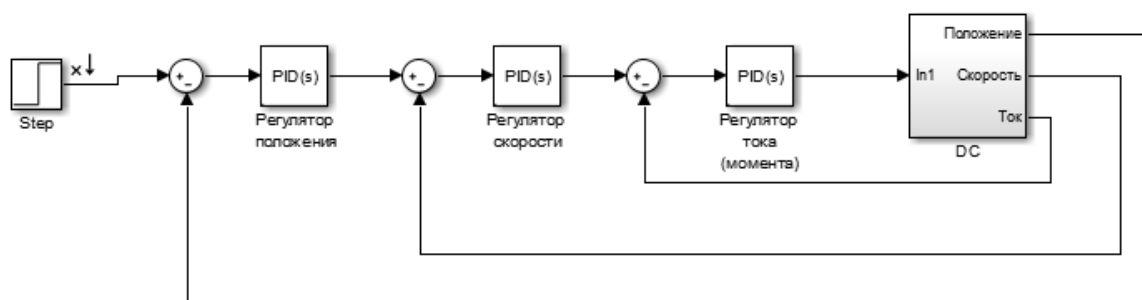


Рисунок 5 – Схема системы управления двигателем в «Simulink»

Настройка контуров производилась с помощью алгоритмов оптимизации, а именно с помощью инструмента «Response Optimization». Для настройки контура нужно выполнить следующий алгоритм действий.

1. В командном окне или с помощью m-файла заранее прописывается набор переменных для каждого контура.

2. На панели инструментов «Response Optimization» создается новый график с помощью выбора «Step Response Envelope».

3. После нажатия на кнопку «Step Response Envelope» открывается окно «Create Requirement». Во вкладке «Specify Step Response Characteristics» задаются желаемые показатели качества.

Таблица 3. Значения показателей качества, использованных в работе

Показатели качества	Rise time, second	Setting time, second	Overshoot, %
Контуры	Значения параметров		
Контур тока	15	20	0
Контур положения	15	20	0
Контур положения	1	2	0

4. Кроме того, во вкладке «Select signals to bound» задается сигнал, по которому будет проводиться настройка. Для выбора выбирается кнопка добавления сигнала. После чего на модели двигателя в «Simulink» выбирается связь, принадлежащая настраиваемому контуру. В появившемся окне «Create Signal Set» в левом списке выбирается сигнал контура и переносится в левое окно «Signal».

5. Далее выбирается набор переменных для контура, который будет настроен. Выбирается иконка «Design Variables Set» на панели инструментов «Response Optimization». В появившейся таблице из левой части коэффициенты настраиваемого ПИД-регулятора перемещаются в правую часть. В этом же окне задаются границы настройки от нуля до плюс бесконечности, так как при настройке ПИД-регуляторов не используются отрицательные коэффициенты.

6. Для запуска настройки ПИД-регуляторов необходимо нажать кнопку «Optimize» на панели инструментов «Response Optimization». Программа начнет подбор коэффициентов.

Настройка контуров проводится в порядке от внутреннего контура к внешнему, то есть первым настраивается контур тока. Результаты настройки контуров показаны в таблице 4.

Результаты работы системы и переходные характеристики контуров после настройки ПИД-регуляторов представлены в таблице 5.

Таблица 4. Результаты настройки контуров управления ДПТ

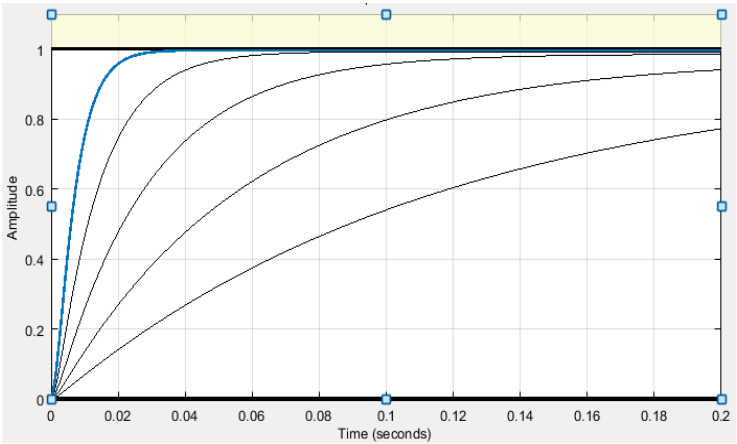
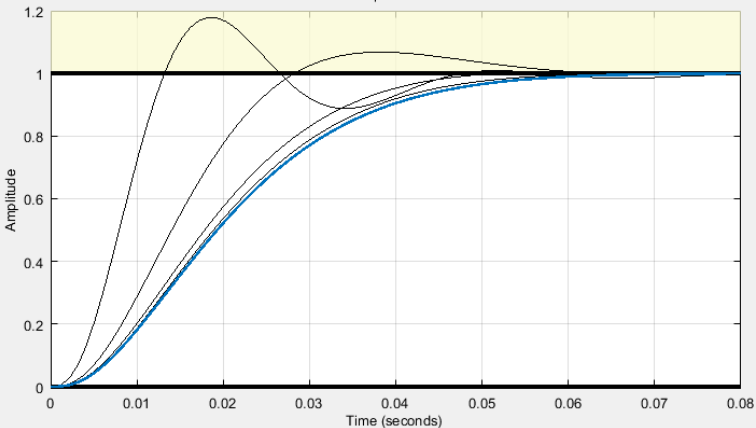
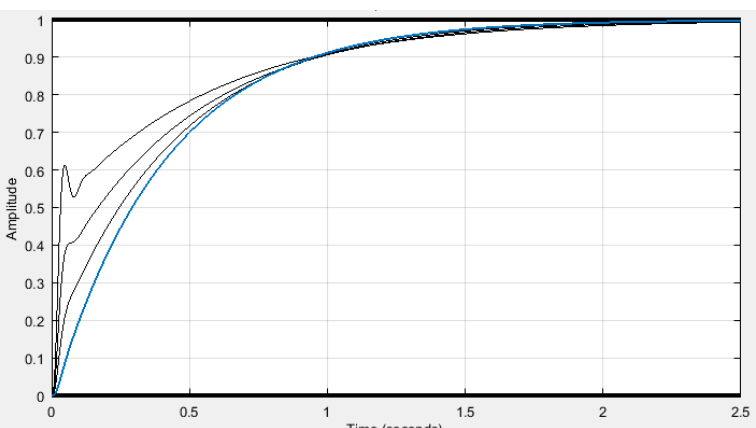
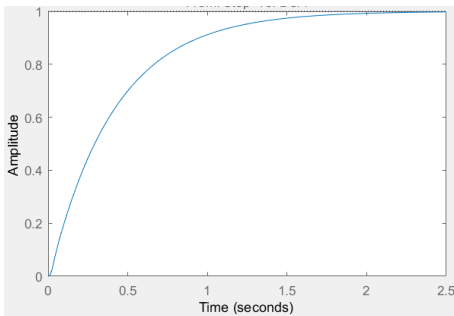
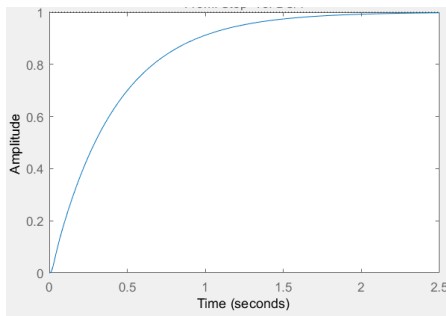
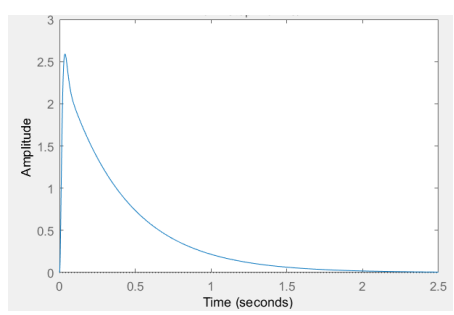
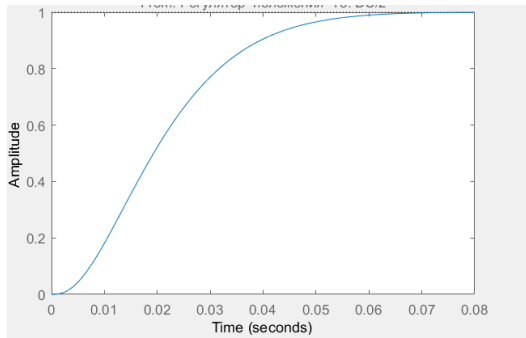
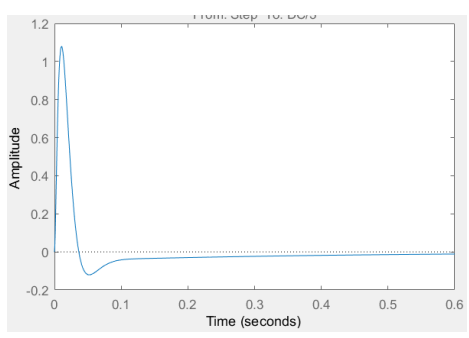
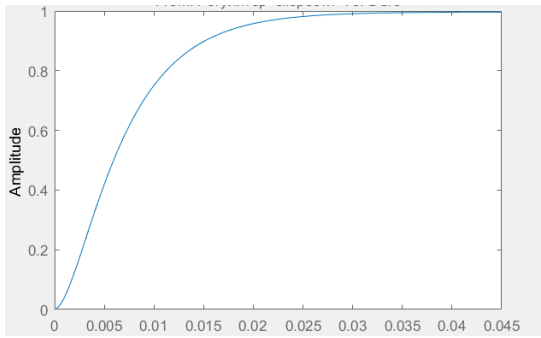
Контур	Параметры ПИД-регулятора	График настройки контура
тока	$k_{II} = 0.90109$	
	$k_{II} = 70511.66944$	
	$k_D = 0.04908$	
скорости	$k_{II} = 0.36584$	
	$k_{II} = 0$	
	$k_D = 0.00011$	
положения	$k_{II} = 2.39642$	
	$k_{II} = 0$	
	$k_D = 0.02861$	

Таблица 5. Переходные характеристики контуров

Контур	Выходное значение	График переходной характеристики
положения		 $t_{пп}=1.6с ; \sigma=0\%$
скорости		 $t_{пп}=0.546с ; \sigma=0.0192\%$
тока		 $t_{пп}=0.02 с ; \sigma=0\%$

2.5. Трехмерная модель робота-манипулятора

Последним этапом создания ПАКУ является создание объекта, который отображает реакцию робота-манипулятора на заданные пользователем значения углов поворота звеньев и выводит визуальную информацию на экран компьютера.

2.5.1. Создание твердотельных объектов частей манипулятора

Твердотельные объекты были выполнены в 3D-САПР «Autodesk Inventor». Модель представляет собой объемную кинематическую схему и состоит из семи

частей: основания, трех звеньев и их сочленений, трех лапок захвата, при этом все лапки одинаковы.

Каждый из трехмерных объектов начинается с 2D-эскиза. После выбора кнопки «Начать 2D-эскиз» пользователю предлагается выбрать одну из трех плоскостей, на которой будет строиться сам эскиз с помощью доступных примитивов: линии, сплайны, эллипсы, окружности и др.

Основание робота-манипулятора представляет собой окружность, которой после эскизирования придали объем с помощью панели инструментов «3D-модель» и кнопки «Выдавливание», создав, таким образом, цилиндр диаметром 500 мм и высотой 20 мм.

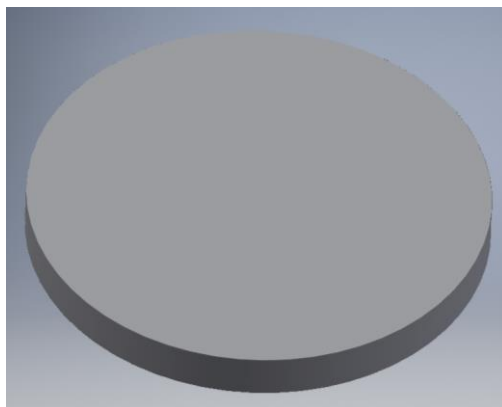


Рисунок 6 – Основание робота-манипулятора

Первое звено манипулятора представляет собой цилиндр диаметром 1500 мм и высотой 1000 мм. Вверху объекта есть сочленение, выполненное в виде полусферы с помощью создания эскиза на верхней окружности цилиндра, принятой за плоскость и кнопки «Вращение».

Второе и третье звенья выполнены таким же образом в виде цилиндров с полусферой в верхней части и с одинаковыми основаниями, но различной высотой. На конце второго и третьего звеньев расположен усеченный конус. Второе звено высоту составляет 5000 мм. Третье звено – 3000 мм.

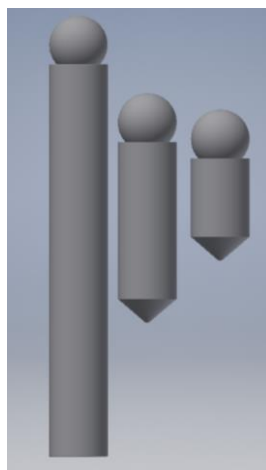


Рисунок 7 – Звенья робота-манипулятора

Палец манипулятора выполнен с помощью выдавливания неправильной фигуры (рисунок 8) на расстояние 300 мм.

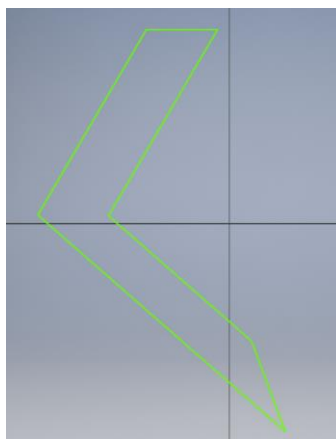


Рисунок 8 – Эскиз пальца робота-манипулятора

Далее в верхней части, на основе плоскости выдавливанием созданы параллелепипед и цилиндр, имитирующие крепление к основанию захвата.

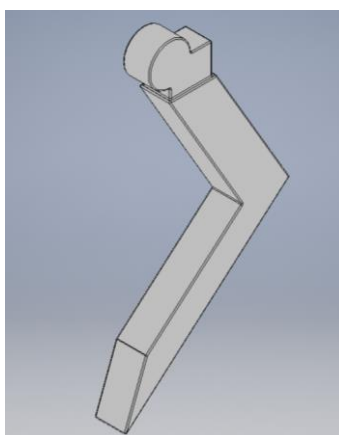


Рисунок 9 - Модель пальца манипулятора

Создание твердотельных моделей частей манипулятора требовало проверки совместимости деталей, для этого была выполнена сборка всего объекта в «Autodesk Inventor». Каждой части манипулятора были заданы соответствующие зависимости относительно других частей объекта.



Рисунок 10 - Сборка трехмерной модели робота-манипулятора

Перенос трехмерных моделей деталей манипулятора производится с помощью экспорта деталей в форматы «STEP» или «STL». С помощью кнопки «Сохранить как», нужно выбрать пункт «Сохранить копию как» и выбрать требуемый формат.

2.5.2. Создание трехмерной модели в «Matlab Simulink»

Библиотека «Simscape», входящая в состав пакета «Simulink», наравне с моделированием процессов и программированием, также позволяет разрабатывать визуализацию процессов. Визуальная часть создавалась с помощью набора инструментов «Multibody». В нем содержатся группы блоков, которые поддерживают моделирование твердых тел, сочленений, физических постоянных и сил, создание поверхностей и др. Основными блоками, использованными в работе для создания объекта в рабочем пространстве, являются блоки «Solid» и «Rigid Transform».

Блок «Solid» поддерживает создание твердотельных объектов, которым можно задать параметры формы и размера. В блоке можно задать массу или плотность тела, и на основе заданной геометрии вычисляется его инерционные свойства.

Блок «Rigid Transform» создает постоянное преобразование простыми твердыми телами или группой таких тел. Комбинируя между собой блоки «Solid» и «Rigid Transform», можно моделировать сложные твердые тела.



Рисунок 11 – Внешний вид блоков «Rigid Transform» и «Solid»
из библиотеки «Simscape»

Для добавления подвижности модели используют набор инструментов «Joints». В манипуляторе звенья соединены с помощью соединения, которое обеспечивает поворот звена, вокруг оси мотора, приводящего его в движение. В «Simulink» такое соединение создается с помощью блока «Revolute Joint», в котором можно настроить угол поворота звена и задать скорость поворота. «Revolute Joint» создает модель вращения деталей и позволяет имитировать подвижность звеньев и лапок захвата.



Рисунок 12– Внешний вид блока «Revolute Joint»
из библиотеки «Simscape»

Блок «Solid» может содержать в себе объект, созданный в 3D-САПР. После конвертации твердотельные объекты, созданные в «Autodesk Inventor» помещаются в блоки «Solid», и, с помощью ориентации блоков «Rigid Transform», собирается программа, отображающая симулятор манипулятора.

Создаваемая трехмерная модель должна отображать механику манипулятора и то как действуют на него физические силы. Для этого перед началом создания самой модели в окно «Simulink» из библиотеки «Simscape» добавляются блоки «Mechanism Configuration» и «World Frame».

В блоке «Mechanism Configuration» задается значение ускорения свободного падения. Блок «World Frame» определяет точку в виртуальном пространстве, от которой начинается главный отсчет координат для трехмерной модели.

В результате третьего этапа является трехмерная модель, собранная из описанных выше блоков «Matlab» «Simulink». Блок-программа (рисунок 12) создает в рабочем окне «Matlab» динамическую модель манипулятора.

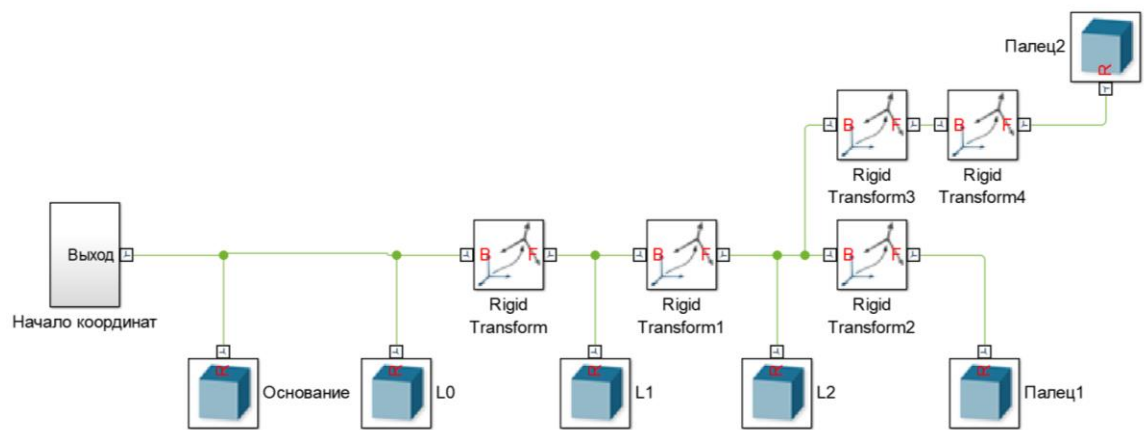


Рисунок 13 - Программа создания механической модели манипулятора

Отображение в рабочем окне «Matlab» полученного результата работы собранной схемы представлено на рисунке 13.

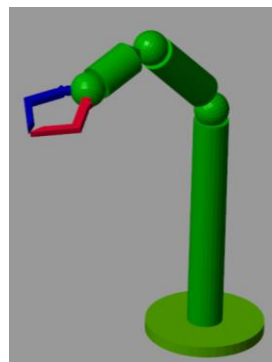


Рисунок 14 - Визуализация динамической трехмерной модели
робота-манипулятора

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Зуева Софья Васильевна

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Тариф на электроэнергию – 5,257 руб./кВт·ч.; - Оклад студента – 1850 руб. в месяц; - Оклад руководителя проекта – 13824 руб. в месяц; - Человеческие ресурсы – 2 человека (руководитель и студент-дипломник)
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Годовая норма амортизации составляет 40 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; - Проведение анализа безубыточности проекта
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя финансовой эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ

4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		24.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E41	Зуева Софья Васильевна		24.03.2018

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время специалисты-робототехники являются одними из самых востребованных работников на рынке труда. Это говорит о потребности образовательных учреждений в подготовке специалистов-робототехников. В таком случае образовательное учреждение должно иметь парк роботов, который способен удовлетворять практическим задачам для обучения студентов.

Отделение автоматизации и робототехники, входящее в состав Томского политехнического университета имеет такой парк роботов. При использовании этого парка студенты учатся программировать роботов под задачи, с которыми они могут встретиться на реальном производстве, при работе с промышленными роботами. В частности, в парке роботов имеется несколько роботов-манипуляторов, на основе которых проводятся лабораторные работы по таким предметам как «Теория автоматических систем», «Основы мехатроники и робототехники», «Технические средства в мехатронике и робототехнике».

Для программирования и в целом для работы с симуляторами требуется создание компьютерного приложения, которое поможет в изучении работы с манипулятором. В настоящее время разработка программно-алгоритмического комплекса для робота-манипулятора является актуальной задачей, т.к. он позволит студентам сначала тренироваться на программно-алгоритмическом комплексе, и способствовать переходу от теоретического к практическому обучению.

Задача проекта: Разработать программно-алгоритмический комплекс для робота-симулятора.

Основные требования: надежность, совместимость с программным обеспечением.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Перед планированием работы, определением ресурсного и экономического потенциала разработки программно-алгоритмического комплекса, следует уделить особое внимание оценки коммерческого потенциала и перспективности новой разработки в целом, дать характеристику и определить сегмент рынка, на который будет ориентироваться компания, при продаже своей продукции.

3.1.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Основными потребителями программно-алгоритмических комплексов для роботов-манипуляторов являются учебные заведения разных ступеней, которые имеют в учебной программе предметы, связанные с управлением, разработкой и программированием роботов-манипуляторов.

Таблица 6. Карта сегментирования рынка продаж систем навигации мобильных роботов

		Использование продукции		
		Промышленное использование	Обучение студентов/сотрудников	Моделирование и разработка роботов-манипуляторов
Группа потребителей	Промышленные предприятия			
	ВУЗы и техникумы			
	Школьные классы робототехники			
ТПУ				
«Дружба» (ЦМИТ)				
«Камаз»				

Согласно карте сегментирования рынка, можно сделать вывод об относительной свободе сегмента продаж программно-алгоритмических комплексов роботов-манипуляторов.

3.1.3. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентно-способны решений будет основываться на двух конкурентных решениях, а именно компаний V-rep (1) и Webot (2).

Таблица 7. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,165	0,9	0,5	0,4	0,1458	0,0825	0,066
2. Удобство в эксплуатации	0,05	1	0,8	1	0,05	0,04	0,05
3. Помехоустойчивость	0,015	1	0,8	0,5	0,015	0,012	0,0075
4. Энергоэффективность	0,02	0,6	0,6	0,6	0,012	0,012	0,012
5. Надежность	0,1	0,8	0,6	0,5	0,08	0,06	0,05
6. Уровень шума	0,025	0,6	0,6	0,6	0,015	0,015	0,015
7. Безопасность	0,025	0,8	0,8	0,8	0,02	0,02	0,02
8. Потребность в ресурсах памяти	0,025	0,6	0,9	0,8	0,015	0,0225	0,02
9. Функциональная мощность	0,025	1	1	1	0,025	0,025	0,025
10. Простота эксплуатации	0,025	0,8	0,8	0,8	0,02	0,02	0,02
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	1	0,5	0	0,1	0,05	0
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,025	1	1	1	0,025	0,025	0,025
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	0,4	0,6	0,8	0,04	0,06	0,08
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	0,2	0,5	0,7	0,01	0,025	0,035
3. Цена	0,1	0,6	0,8	0,9	0,06	0,08	0,09
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	1	0,6	0,6	0,05	0,03	0,03
5. Послепродажное обслуживание	0,025	0	0	0	0	0	0
6. Финансирование научной разработки	0,025	0	0	0	0	0	0
7. Срок выхода на рынок	0,025	0,5	1	1	0,0125	0,025	0,025
8. Наличие сертификации разработки	0,025	0	1	1	0	0,025	0,025
Итого	1				0,6953	0,629	0,5955

Исходя из представленных конкурентных преимуществ, данная разработка получилась более выгодной.

3.1.4. SWOT-анализ

Далее исследуем внутренние и внешне свойства среды данного проекта с помощью методики SWOT-анализа. Матрица SWOT-анализа (таблица 8) описывает сильные и слабые стороны проекта, а также показывает возможности и угрозы для его реализации.

Первым этапом будут выявляться сильные и слабые стороны разработки относительно внешних условий среды. С помощью этих соответствий будет воз-

можно определить степень проведения стратегических изменений. Для отслеживания этих изменений построим интерактивные матрицы разработки (таблица 8-12).

Таблица 8. SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Интуитивно понятный интерфейс управления. С2. Низкая стоимость производства. С3. Обеспечение безопасности управления. С4. Высокая совместимость разработки с другими программными продуктами. С5. Наличие бюджетного финансирования. С6. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие реализации действий физических законов в разработке. Сл2. Отсутствие тестирования разработки на реальном манипуляторе. Сл3. Отсутствие востребованности на российском рынке Сл4. Наличие только лишь бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Получение дополнительных грантов и финансирование из внебюджетных средств. В4. Выход на международный рынок робототехники.	В1С1С2С3 – Уделение особого внимания ключевым особенностям продукта В2С2С5 – Увеличение доходов предприятия, дальнейшие разработки В3С2С4 – Уменьшение стоимости производства В4С5С6 – Активное участие в конкурсах на гранты	В1В5Сл3Сл4 – Расширение на иностранные рынки внутри страны В2Сл1Сл2Сл3 – Организация малого инновационного предприятия в рамках вуза В3Сл4 – Уменьшение стоимости производства, демпинг цен В4Сл1Сл2 – Активное участие в конкурсах на гранты
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новую разработку У2. Появление на рынке новых конкурентов У3. Ограничения на экспорт разработки У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У6. Текучка кадров и потеря важных сотрудников	У1С1С2С3 – Проведение демонстраций работы комплекса на основе реального манипулятора У2С2С4 – Демпинг цен У3С2С4С5 – Участие в гос. контрактах, ориентация на внутренний рынок У4С3С6 – Сертификация продукции и введение системы контроля качества У5У6С6 – Подготовка специалистов, активная работа по привлечению студентов	У1Сл4 – Проведение демонстраций работы комплекса на основе реального манипулятора У2Сл1Сл2Сл3Сл4 – Продажа интеллектуальной собственности У3Сл4 – Участие в гос. контрактах У4Сл1 – Ускорение темпов разработки У5Сл3 – Введение предоплаты заказа, участие в конкурсах грантовой поддержки У6Сл1Сл2 – Привлечение студентов

Таблица 9. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	-	-	-
	B2	-	+	-	-	+	-
	B3	-	+	-	+	-	-
	B4	+	-	-	+	-	+

Направления реализации проекта: B1C1C2C3, B2C2C5, B3C2C4, B4C5C6.

Таблица 10. Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	+
	B2	+	+	+	-
	B3	-	-	-	+
	B4	+	+	-	-

Направления реализации проекта: B1Сл3Сл4, B2Сл1Сл2Сл3, B3Сл4, B4Сл1Сл2.

Таблица 11. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	+	+	-	-	-
	У2	-	+	-	+	-	-
	У3	-	+	-	+	+	-
	У4	-	-	+	-	-	+
	У5	-	-	-	-	-	+
	У6	-	-	-	-	-	+

Направления реализации проекта: У1C1C2C3, У2C2C4, У3C2C4C5, У4C3C6, У5У6C6.

Таблица 12. Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	+
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	+
	У4	+	-	-	-
	У5	-	-	+	-
	У6	+	+	-	-

Направления реализации проекта: У1Сл4, У2Сл1Сл2Сл3Сл4, У3Сл4, У4Сл1, У5Сл3, У6Сл1Сл2.

3.1.5. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения научных исследований воспользуемся морфологическим методом и составляется морфологическая матрица (таблица 13).

Таблица 13. Морфологическая матрица для программно-алгоритмического комплекса для робота-манипулятора

№п/п		1	2	3	4
А	Количество звеньев манипулятора	2	3	4	5
Б	Способ решения ОЗК	Метод Денавита-Хартенберга	Метод инверсной кинематики	Геометрический метод	Итерационные методы
В	Математическая модель двигателя	Асинхронный двигатель	Синхронный двигатель	Двигатель постоянного тока	Вентильный двигатель
Г	Программа для создания трехмерных объектов	SolidWorks	Autodesk Inventor	MatLab Simulink Simscape	Fusion 360

По морфологической матрице, можно предложить три варианта решения поставленной технической задачи. В рамках бакалаврской работы разрабатывается программно-алгоритмический комплекс для робота-манипулятора, поэтому количество возможных вариантов исполнения системы уменьшается.

Выберем три варианта:

- вариант 1 – А1Б3В4Г4 – Двухзвенный робот-манипулятор, решение ОЗК геометрическим методом, с ВД, трехмерная модель, выполнена в MatLab Simulink Simscape.
- вариант 2 – А3Б4В3Г1Д4 – Четырехзвенный робот-манипулятор, решение ОЗК итерационным методом, с ДПТ, трехмерная модель, выполнена в Fusion 360.
- вариант 3 – А3Б3В1Г2Д3 – Трехзвенный робот-манипулятор, решение ОЗК методом Денавита-Хартенберга, с ДПТ, трехмерная модель, выполнена в Autodesk Inventor.

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входят студент-дипломник и один руководитель. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 14.

Таблица 14. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, студент
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	7	Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной схемы	Студент
	8	Выбор и расчет конструкции	Студент
	9	Проверка правильности оформления технической документации	Руководитель
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	10	Сборка опытного образца системы	Студент
	11	Лабораторные испытания системы	Студент, Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент
	13	Проверка работы	Руководитель

3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки — это трудовые затраты. Для определения трудоемкости составим таблицу 10, в ней будем рассчитывать показатели по приведенным ниже формулам.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется две оценки: t_{min} и t_{max} (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.; t_{\max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Выполнение работ, приведенных в таблице 8 требует следующий персонал: студент, научный руководитель

3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика работ определим максимальное по длительности исполнение. Это исполнение номер 2, и время его исполнения составит 117 дней.



Календарный план-график представлен в таблице 16. Где  - руководитель,  - студент.

Таблица 15. Временные показатели проведения научного исследования

№ Работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}				
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож\ i}$, чел-дни				Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3									
1	3	3	3	5	5	5	3.8	3.8	3.8	Р, С	Р, С	Р, С	1.9	1.9	1.9	3	3	3
2	3	7	5	5	9	7	3.8	7.8	5.8	С	С	С	3.8	7.8	5.8	6	12	9
3	2	2	2	4	4	4	2.8	2.8	2.8	С	С	С	2.8	2.8	2.8	4	4	4
4	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Р	Р	Р	1.4	1.4	1.4	2	2	2
5	3	7	5	5	9	7	3.8	7.8	5.8	С	С	С	3.8	7.8	5.8	6	12	9
6	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Р, С	Р, С	Р, С	0.7	0.7	0.7	1	1	1
7	3	7	7	7	14	14	4.6	9.8	9.8	С	С	С	4.6	9.8	9.8	7	14	14
8	2	7	5	5	9	8	3.2	7.8	6.2	С	С	С	3.2	7.8	6.2	5	12	9
9	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Р	Р	Р	1.4	1.4	1.4	2	2	2
10	8	20	10	10	22	12	8.8	20.8	10.8	С	С	С	8.8	20.8	10.8	13	31	16
11	5	5	5	7	7	7	5.8	5.8	5.8	С	С	С	5.8	5.8	5.8	9	9	9
12	3	5	4	5	7	6	3.8	5.8	4.8	С	С	С	3.8	5.8	4.8	6	9	7
13	3	3	3	5	5	5	3.8	3.8	3.8	Р	Р	Р	3.8	3.8	3.8	6	6	6
Итого																70	117	91

Таблица 16. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ ра- боты	Вид работы	T_{ki}	Ис- пол- ни- тели	Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение техниче- ского задания	3	Р, С	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	12	С		■										
3	Проведение патентных исследований	4	С			■									
4	Календарное планирование работ по теме	2	Р			■									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	12	С				■								
6	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесооб- разности проведения ОКР	1	Р, С				■								
7	Разработка блок-схемы, принципи- альной и функциональной схемы	14	С					■							
8	Выбор и расчет конструкции	12	С						■						
9	Проверка правильности оформления технической документации	2	Р							■					
10	Сборка опытного образца системы	31	С								■				
11	Лабораторные испытания системы	9	С										■		
12	Составление пояснительной записки	9	С											■	
13	Проверка работы	6	Р												■

3.2.4. Бюджет научно-технического исследования

3.2.4.1. Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, прием равным 15%. Расчеты представлены в таблице 17.

Таблица 17. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Лицензия «Matlab»	Шт.	1	1	1	148050	148050	148050	148050	148050	148050
Лицензия «Autodesk Inventor»	Шт.	0	0	1	0	0	75 467.08	0	0	75 467.08
Лицензия «Fusion 360»	Шт.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Компьютер	Шт.	1	1	1	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Итого								198050	198050	273517

3.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Так как основная часть разработки программно-алгоритмического комплекса проводится на персональном компьютере с использованием специализированных программ, то расчет затрат на специальное оборудование не требуется.

3.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 9); $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} ,$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни (таблица 18).

Таблица 18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$); $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$); $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 19.

Таблица 19. Расчёт основной заработной платы

Вар.	Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, Руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р, раб. дн.}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.
1	Руководитель	10	2,047	14584	0,3	0,15	1,3	27490	1385	14	19413
	Студент	1	1	7800	0,3	0,15	1,3	14703	738	57	42066
	Итого										61479
2	Руководитель	10	2,047	14584	0,3	0,15	1,3	27490	1385	14	19413
	Студент	1	1	7800	0,3	0,15	1,3	14703	738	104	76752
	Итого										96165
3	Руководитель	10	2,047	14584	0,3	0,15	1,3	27490	1385	14	19413
	Студент	1	1	7800	0,3	0,15	1,3	14703	738	78	54564
	Итого										73977

3.2.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем коэффициент равный 0,12. Результаты расчета приведены в таблице 20.

Таблица 20. Дополнительная заработная плата

Исполнители	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Руководитель	1410	1410	1410
Студент	2805	5117	3838
Итого	4215	6527	5248

3.2.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Результаты расчета приведены в таблице 21.

Таблица 21. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Полная заработная плата, руб.		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Руководитель проекта	19413	19413	19413	20823	20823	20823
Студент	42066	76752	54564	44871	81869	58402
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Вариант 1	17803					
Вариант 2	27830					
Вариант 3	21470					

3.2.4.6. Расчет затрат на научные и производственные командировки

Разработка создается в пределах Томского политехнического университета для отделения автоматизации и робототехники. Командировки возможны лишь, при условии продвижения полученного комплекса в другие ВУЗы.

3.2.4.7. Контрагентные расходы

На данном этапе невозможно оценить влияние контрагентных расходов на проект.

3.2.4.8. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Вариант 1 = $(198050+20823+44871+17803) \cdot 0,16 = 45\,047,52$

Вариант 2 = $(198050+20823+81869+27830) \cdot 0,16 = 52\,571,52$

Вариант 3 = $(273517+20823+58402+21470) \cdot 0,16 = 59\,873,92$

3.2.4.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22. Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	
1. Материальные затраты НТИ	647000	670000	627000	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	18000	18000	18000	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	61479	96165	73977	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4215	6527	5248	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	17803	27830	21470	Пункт 3.4.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	200000	200000	200000	Пункт 3.4.6
7. Контрагентные расходы	0	0	0	Пункт 3.4.7
8. Накладные расходы	146398,56	154467,52	145159,52	16 % от суммы ст. 1-7
9. Бюджет затрат НТИ	1061389,56	1119889,52	1052406,52	Сумма ст. 1-8

3.3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. таблицу 23). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Максимальная стоимость составляет 273517 руб., следовательно,

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{\text{p1}}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,724,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{\text{p2}}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,724,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{\text{p3}}}{\Phi_{\text{max}}} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 23. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Точность	0.4	5	3	3
2. Быстродействие	0.2	5	5	4
3. Удобство	0.15	5	5	3
4. Функциональность	0.2	5	3	4
5. Интерфейс	0.15	5	5	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 5,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,3;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 = 3,7.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 24) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Таблица 24. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9478	1	0,9397
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5,5	4,3	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	5,8	4,3	3,94

Как видно из сравнения интегральных показателей, наиболее эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности является первое исполнение программно-алгоритмического комплекса для робота-манипулятора.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Зуева Софья Васильевна

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является аудитория №027 10 корпуса Томского политехнического университета. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером, отведённое студенту для выполнения работы. Технологический процесс представляет собой написание программного кода и работа с программным обеспечением робота-манипулятора. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света; – повышенный уровень шума; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – повышенная напряжённость электрического поля; – повышенная или пониженная влажность воздуха; – статические перегрузки; – умственные перегрузки, перегрузки анализаторов; Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – механическая часть робота-манипулятора (источником являются звенья и захват манипулятора); – электрический ток (источником является ПК и робот-манипулятор);

<ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<ul style="list-style-type: none"> – короткое замыкание; – статическое электричество;
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит.</p> <p>В работе проведён анализ воздействия на литосферу (образование отходов при выходе из строя ПК, возникновения отходов при печати и утилизации ламп).</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.</p> <p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в Сан-ПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ ТПУ	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Зуева Софья Васильевна		01.03.2018

4. Социальная ответственность

Введение

С каждым годом возрастает интенсивность применения компьютерной техники в сферах жизнедеятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей, радиочастотному (высоких, ультравысоких и средних частот) и инфракрасному излучению, шуму и вибрации, статическому электричеству. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением, высокой напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

4.1. Производственная безопасность

Ниже приведем перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды в виде таблицы.

Таблица 25 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического стенда

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Разработка комплекса управления:</p> <p>1) Разработка системы управления в учебной аудитории;</p> <p>2) Проверка работы симулятора в учебных целях в учебной аудитории;</p> <p>3) Эксплуатация симулятора в учебной аудитории.</p>	<p>1) Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света;</p> <p>2) Повышенный уровень шума;</p> <p>3) Повышенный уровень электромагнитных излучений; Повышенная напряжённость электрического поля;</p> <p>4) Повышенная или пониженная влажность воздуха;</p> <p>5) Статические перегрузки;</p> <p>6) Умственные перегрузки, перегрузки анализаторов.</p>	<p>1) Электрический ток;</p> <p>2) Короткое замыкание.</p> <p>3) Статическое электричество</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p> <p>СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.</p> <p>ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86) Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое контрольное оборудование.</p>

4.1.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Рабочее место находится на цокольном этаже здания. Естественное освещение в аудитории отсутствует. Освещение в аудитории производится посредством общего искусственного освещения.

В процессе разработки комплекса управления, разработчик все время работы пользуется ПК. При этом согласно [31] освещение не создает бликов на поверхности экрана ПЭВМ, а освещенность экрана не более 300 лк. Кроме того,

работа за ПЭВМ относится к категории зрительных работ к разряду Б зрительных работ (восприятие информации). [32]

В помещении, которое предназначено для эксплуатации ПЭВМ, искусственное освещение осуществляется путем системы общего освещения. Освещение не создает бликов и ограничивает прямую блёскость от источников освещения на поверхности экрана ПЭВМ. [31]

Для минимизации воздействия фактора недостаточной освещенности рабочего пространства, при полном отсутствии естественного света используется искусственное освещение. Посчитаем освещенность рабочего пространства.

$$E \approx \eta \cdot \frac{F}{S}, \text{ где } E - \text{освещенность, } F - \text{общий световой поток, } S - \text{площадь}$$

помещения, η - поправочный коэффициент.

Дано:	Решение:
$S = 40 м^2$	$E = \eta \cdot \frac{n \cdot F}{S} = 0,5 \cdot \frac{24 \cdot 1200}{35} = 411,4 лм$
$n = 24 шт.$	
$F = 1200 лм$	
$\eta = 0,5$	Ответ: 411,4 лм.
Е-?	

Освещенность аудитории №027 составляет 411 лм, что соответствует нормированному значению. Освещение в аудитории №027 полностью искусственное и имеет 24 люминесцентные лампы, которые обеспечивают необходимую освещенность в 411,4 люмен. Это означает, что работа по разработке программно-алгоритмического комплекса проводится в достаточно освещенной комнате.

4.1.3. Повышенный уровень шума

Звуковые колебания, издаваемые движущимися частями механизмов и приборов, могут воздействовать на здоровье человека. Громкие звуки, могут стать причиной проблем со слухом, а длительное воздействие шума более 80 дБ может стать причиной его потери или ухудшения. Чувствительность к монотонным звукам является индивидуальным показателем. Но постоянно повторяющиеся шумы на рабочем месте провоцируют проблемы, связанные с нервной системой и органами слуха.

В данной работе основным источником шума является системный блок ПЭВМ, внутри которого работает система охлаждения, состоящая из вентиляторов, воспроизводящих непрерывный шелест или гудение.

Уровень звука, при этом не превышает 50дБ [34]. Постоянный уровень шума влияет на работоспособность и сосредоточенность человека. Аудитория №027 соответствует нормам [34] и является помещением с минимальным уровнем шума при программировании и разработке симулятора манипулятора. Кроме того, каждый академический час в работе делается перерыв, который позволяет

отключить компьютер и/или выйти из помещения для разгрузки нервной системы и органов слуха.

4.1.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений

4.1.5. Повышенная напряжённость электрического поля

В повседневной жизни для людей не заметно воздействия электромагнитных излучений. Мощность источника излучения должна быть достаточно большой, чтобы это отражалось на здоровье и самочувствие организма. Работа ПЭВМ, кроме электромагнитных излучений сопровождается электростатическим полем, которое может деионизировать окружающую воздушную оболочку. Основные излучающие электромагнитное поле части ПЭВМ – это системный блок, в котором находится процессор, и экран монитора. [35]

Для защиты от электромагнитного излучения исходящего от монитора компьютера, имеющего в основе электроннолучевую трубку, используют экранирующие защитные экраны. При выходе из строя такого монитора, он заменяется на жидкокристаллический монитор, который имеет нормированные показатели излучений.

На рабочем месте установлены ПЭВМ, оснащённые жидкокристаллическим монитором. Они излучают электромагнитные волны, которые не причиняют человеку вреда, даже при длительной работе. [35]

4.1.6. Повышенная или пониженная влажность воздуха

Давление, температура и влажность воздуха влияют на здоровье работников, следовательно, они влияют на общее самочувствие, работоспособность и выполнение поставленных задач.

Рабочее место находится на цокольном этаже здания, в помещении проводятся занятия студентов, хранятся справочные материалы и учебники, а также стоит учебное оборудование. В данном помещении повышение влажности грозит утратой важных учебных материалов, а также порчей дорогостоящего оборудования. Поэтому значение относительной влажности и температуры должны

быть строго нормированными. Т.к. помещение относится ко второй категории, согласно. [36]

Рабочее место из-за своего расположения может быть слишком влажным. Поэтому в стенах аудитории установлена механическая вентиляция, оснащенная вентилятором и отводящая воздух из помещения. Это обеспечивает проветриваемость помещения и как следствие убирает лишнюю влагу. Кроме того, аудитория подключена к системе центрального городского отопления. Это помогает регулировать температуру в период зимних месяцев.

4.1.7. Статические перегрузки

4.1.7.1. Умственные перегрузки, перегрузки анализаторов

В современном мире, почти каждая работа, так или иначе, связана с работой за компьютером. Разработчикам программ, инженерам и всем, кто учится, приходится проводить за ПЭВМ многие часы. При этом пользователь вынужден принимать одну и ту же позу в течение длительного времени, тем самым создавая в работе мышечного корсета статические перегрузки. Неудобная поза, нахождение центра тяжести в одном месте, постоянный наклон вперед вызывают боли в шее и спине.

Работа с ПЭВМ подразумевает обработку большого количества информации. Анализ данных, инженерные исследования, расчеты и разработка программных продуктов требуют высокой концентрации внимания. При работе с визуальной информацией напрягаются глаза, которые являются зрительными анализаторами человека. Расстояние расположения предмета постоянного визуального контроля не меняется в процессе работы, из-за этого устают глазные мышцы, из-за этого снижается острота зрения. При длительных контактах с дисплеем, постоянного наблюдения схожей по структуре зрительной информации, человек начинает испытывать стресс.

Согласно [37], разработка программно-алгоритмического комплекса относится к группе В, I категории (до 2х часов) – творческая работа в режиме диалога

с ПЭВМ. При выполнении разных групп работ в течение смены за основную принимают такую, которая занимает не менее 50% времени рабочего дня. Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированный перерыв, при 8-ми часовом рабочем дне 30 минут. Продолжительность непрерывной работы с ПК не должна превышать 2 часов. Для I категории работ - через 2 часа от начала работы и через 1,5 - 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый. [37]

Во время регламентированных перерывов с целью сохранения высокой работоспособности выполняется комплекс упражнений [37]. С целью уменьшения отрицательного влияния монотонности целесообразно чередование операций осмысленного текста и числовых данных, чередование редактирования текстов и ввода данных (изменение содержания работы).

Работа над разработкой программно-алгоритмического комплекса требует сосредоточенности и частого переключения между использованием нескольких программ одновременно. Поэтому для того чтобы зрительные анализаторы работали на нужном уровне каждый академический час проводится перерыв в 5-10 минут, а в каждый второй академический час перерыв в 20 минут. Во время перерыва есть возможность выйти из аудитории и выключить на время ПЭВМ. [37]

4.1.8. Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Согласно [39] помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с токонепроводящими полами и нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования.

Защита от электрического тока на рабочем месте производится с помощью изоляции токопроводящих частей (все провода изолированы). Электрические устройства, в частности процессор от ПЭВМ расположен в защитном коробе.

4.1.9. Короткое замыкание

Короткое замыкание – это соединение двух точек с разным потенциалом с последующим увеличением тока и выделением большого количества тепла. Вследствие чего короткое замыкание может стать причиной пожара в помещении, при коротком замыкании от электрического тока могут пострадать люди находящиеся в непосредственной близости от источника возникновения.

На рабочем месте короткое замыкание может быть вызвано либо неисправностью в проводке, либо при работе с компьютером, когда внутри корпуса создается разность фаз и ток может так же повредить всю электросеть. [43]

Для защиты электрической сети от короткого замыкания предусмотрены устройства защитного отключения (УЗО), оснащенные устройствами автоматического отключения – автоматами и предохранителями. Кроме того, в помещении установлены датчики дыма, которые при возникновении возгорания, вызванного коротким замыканием, оповещают все здание о начавшемся пожаре. Таким образом, рабочее место полностью защищено от возможного короткого замыкания.

4.1.10. Статическое электричество

В аудитории №027 находится много устройств, которые работают от электрического тока и сделаны из материалов, которые, так или иначе, накапливают на себе статически заряд. Может возникнуть разность потенциалов от статического электричества, и прикосновение человека к заряду может вызвать травмы, ожоги или пожар [39].

4.2. Экологическая безопасность

4.2.1. Воздействие на литосферу

При выходе из строя, а также устаревании компонентов, ПЭВМ начинает представлять собой источник второсортного сырья. Каждый ПЭВМ содержит цветные металлы и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву.

Люминесцентные лампы при перегорании становятся источником загрязнения. Лампы содержат внутри себя ртуть, которая загрязняет окружающую среду. Кроме того, их корпус состоит преимущественно из стеклянной трубки, которая при неосторожном обращении может разбиться на мелкие осколки.

Документы, перенесенные на бумагу, становятся источником бумажных отходов. Такие отходы медленнее разлагаются из-за предварительной обработки бумаги, а также содержат на себе следы краски, которая попадая в почву ее загрязняет.

Юридические лица имеют право утилизировать оргтехнику только при прохождении процедуры полного списания, подтвержденного актом [43].

Томский политехнический университет является юридическим лицом, поэтому перегоревшие люминесцентные лампы собираются техническим персоналом, а затем передаются в центр по переработке таких ламп, у которого имеется лицензия на право сбора и переработки люминесцентных ламп [43]. Для макулатуры существуют специально установленные контейнеры, в которые помещаются отработавшие печатные издания, офисная бумага и другие изделия из переработанной целлюлозы. Они отвозятся в пункты по сбору макулатуры, где утилизируются.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Возникновение пожара в помещении аудитории может привести к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме.

Согласно нормам технологического проектирования [40], данное помещение относится к категории В [41], производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания. Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации на рисунке 15.

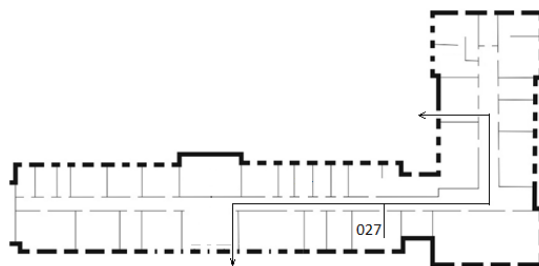


Рисунок 15 – план эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 0 этаж

Пожар будет являться чрезвычайной ситуацией для людей находящихся в помещении. При возникновении пожара сработают датчики дыма, которые подадут сигнал общего оповещения всего здания. На плане (рисунок 15) показаны запасные выходы. Кроме того, в коридоре установлены пожарные огнетушители.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.4.1. Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации [41], в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

4.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

4.4.3. Эргономические требования к рабочему месту

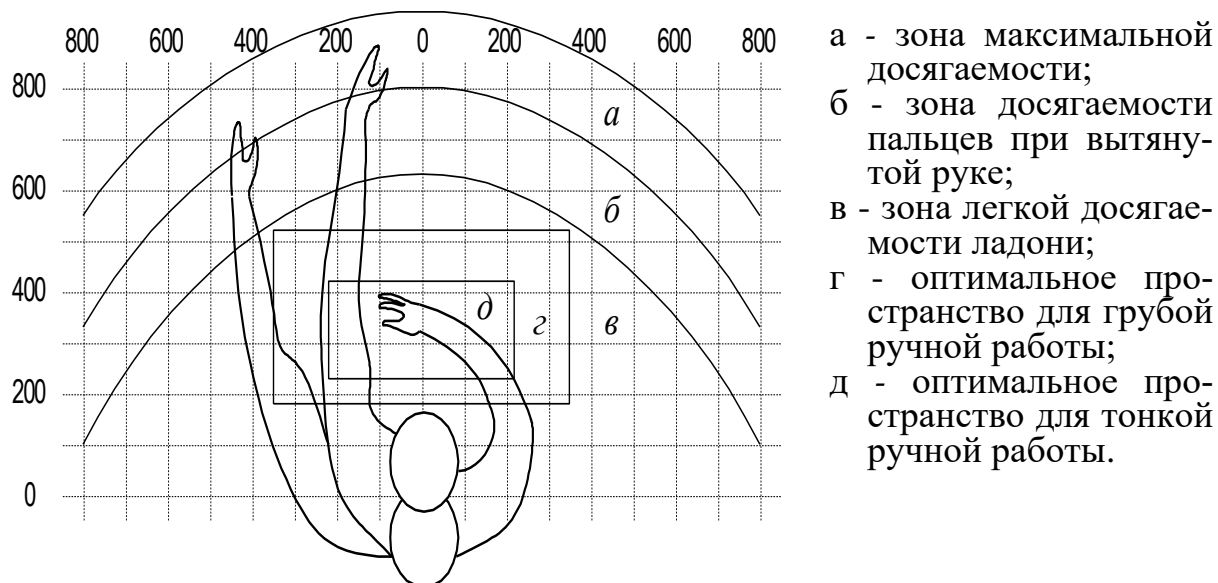


Рисунок 16 – зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

На рисунке 16 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе разработчика.

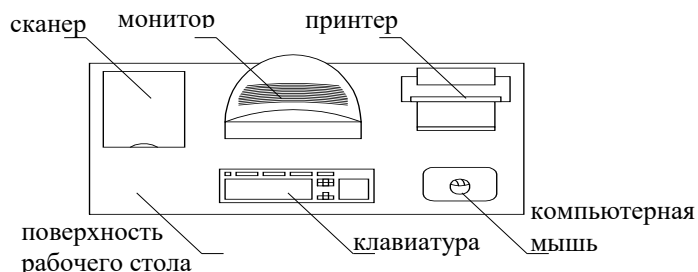


Рисунок 17 – Размещение основных и периферийных составляющих ПК

Для комфортной работы эргономика рабочего пространства должна удовлетворять следующим требованиям. [43]

На рабочем месте оборудованы рабочие столы, которые соответствуют рисунку 17.

4.4.4. Окраска и коэффициенты отражения

В помещениях, где находится компьютер, обеспечены следующие величины коэффициента отражения для потолка 60-70, для стен 40-50, для пола около 30.

Выводы

В ходе исследования по социальной ответственности было выявлено три источника вредных и опасных факторов: разработка системы управления в учебной аудитории; проверка работы симулятора в учебных целях в учебной аудитории; эксплуатация симулятора в учебной аудитории.

Исходя из этого, были выделены и проанализированы вредные и опасные факторы. Для них были установлены средства, которые помогают защитить человека, который находится в данном помещении, от выявленных вредных и опасных факторов.

Аналізу были подвергнуто влияние работы на рабочем месте на окружающую среду. Установлено, что после работы остаются бумажные отходы и перегоревшие люминесцентные лампы, которые при неправильной утилизации будут влиять на литосферу Земли. Выявлено, что отходы утилизируются согласно ГОСТ.

Кроме того, исследовались правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

В итоге, установлено, что рабочее место соответствует ГОСТ по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является программно-алгоритмический комплекс управления для учебного робототехнического стенда.

Созданная модель робота-манипулятора дает возможность получить визуализированное движение модели робота согласно параметрам, которые задает пользователь. Также полученная динамическая трехмерная модель отражает действие физических сил на манипулятор и позволяет менять их расположение и задавать необходимые параметры и усилия для проведения опытов и наблюдений.

В будущем полученные результаты будут использованы для усовершенствования программно-алгоритмического комплекса управления, для расширения его функционала, а также для апробации на реальном робототехническом стенде.

Список публикаций студента

1. Зуева С. В. Использование Microsoft visual studio для решения прямой и обратной задач кинематики / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г.Томск, 22-23 марта 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 45-47].
2. Зуева С. В. Создание 3D модели манипулятора в MatLab Simulink / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 04-07 декабря 2017 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 104-105].

Список литературы и использованных источников

1. Иванов А.А. Основы робототехники: учебное пособие. Москва: Высшее образование, 2012. Изд. Высшее образование. 223 с.
2. Волков, Николай Иванович. Электромашинные устройства автоматики: учебное пособие / Н. И. Волков, В. П. Миловзоров. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Высшая школа, 1986. — 335 с.
3. Sk Skolkovo URL: <http://sk.ru> (дата обращения: 20.04.2018).
4. Программное обеспечение KUKA.Sim // KUKA URL: <https://www.kuka.com> (дата обращения: 20.04.2018).
5. Simulation & OLP // Kawasaki Robotics URL: <https://robotics.kawasaki.com> (дата обращения: 25.04.2018).
6. Training and simulator // ABB URL: <https://new.abb.com> (дата обращения: 19.04.2018).
7. V-REP // Coppelia Robotics V-REP URL: <http://www.coppeliarobotics.com/> (дата обращения: 19.04.2018).
8. Model. Program. Simulate. Transfer. // WebotsRobot Simulation URL: <https://www.cyberbotics.com/> (дата обращения: 22.04.2018).
9. Robot simulation made easy. // Gazebo URL: <http://gazebo.org/> (дата обращения: 22.04.2018).
10. Mansor N.N. и др. A Study of Accuracy and Time Delay for Bilateral Master-Slave Industrial Robotic Arm Manipulator System // MATEC Web Conf. 2018. Т. 150. С. 1–7. Cefalo M., Magrini E., Oriolo G. Parallel collision check for sensor based real-time motion planning // 2017 IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2017. С. 1936–1943.
11. Cefalo M., Magrini E., Oriolo G. Parallel collision check for sensor based real-time motion planning // 2017 IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2017. С. 1936–1943.

12. Scherzinger S., Roennau A., Dillmann R. Forward Dynamics Compliance Control (FDCC): A new approach to cartesian compliance for robotic manipulators // IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst. 2017. T. 2017–September. C. 4568–4575.
13. Tao S., Yang Y. Collision-free motion planning of a virtual arm based on the FABRIK algorithm // Robotica. 2017. T. 35. № 6. C.1431–1450.
14. Hwang S., Choi Y. Tracking the joints of arthropod legs using multiple images and inverse kinematics // Int. J. Precis. Eng. Manuf. 2015. T. 16. № 4. C. 669–675.
15. Nagy Á., Vajk I. LP-based velocity profile generation for robotic manipulators // Int. J. Control. 2018. T. 91. № 3. C.582–592.
16. Salim A., Eray Er., и др. Performance Evaluation of the Grid-based FastSLAM in V-REP Using MATLAB // T. 5. C.3–8.
17. Sanchez-Lopez J.L. и др. A Real-Time 3D Path Planning Solution for Collision-Free Navigation of Multirotor Aerial Robots in Dynamic Environments // J. Intell. Robot. Syst. Theory Appl. 2018. C.
18. Rojas-Fernandez M. и др. Performance comparison of 2D SLAM techniques available in ROS using a differential drive robot // 2018 Int. Conf. Electron. Commun. Comput. 2018. C. 50–58.
19. 1. Yun Y., Li Y. A general dynamics and control model of a class of multi-DOF manipulators for active vibration control // Mech. Mach. Theory. 2011. T. 46. № 10. C. 1549–1574.
20. 1. Li Y., Xu Q. Design and robust repetitive control of a new parallel-kinematic XY piezostage for micro/nanomanipulation // IEEE/ASME Trans. Mechatronics. 2012. T. 17. № 6. C. 1120–1132.
21. 1. Liu L. и др. Smooth trajectory planning for a parallel manipulator with joint friction and jerk constraints // Int. J. Control. Autom. Syst. 2016. T. 14. № 4. C. 1022–1036.
22. Kim S., Shukla A., Billard A. Catching objects in flight // IEEE Trans. Robot. 2014. T. 30. № 5. C. 1049–1065.

22. Khatib M., Khudir K. Al, Luca A. De. Visual coordination task for human-robot collaboration // IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst. 2017. T. 2017–Septe. C. 3762–3768.
23. Крейг, Джон Дж.. Введение в робототехнику: механика и управление: пер. с англ. / Д. Дж. Крейг. — Ижевск; Москва: Институт компьютерных исследований, 2013. — 543 с.: ил.. — Динамические системы и робототехника. — Предметный указатель: с. 525-543. — ISBN 978-5-4344-0164-7.
24. Ломовцева Е.И., Челноков Ю.Н. «Дуальные матричные и бикватернионные методы решения прямой и обратной задач кинематики роботоманипуляторов на примере стэнфордского манипулятора».
25. Chelnokov Yu. N. Biquaternion Solution of the Kinematic Control Problem for the Motion of a Rigid Body and Its Application to the Solution of Inverse Problems of Robot-Manipulator Kinematics. Mechanics of Solids [Izv. RAN. Mehanika tverdogo tela], 2013, vol. 48, no. 1. pp. 31-46.
26. Лапиков А.Л., Пашенко В.Н., Масюк В.М. «Модификация метода решения прямой задачи кинематики для класса платформенных манипуляторов с шестью степенями свободы, наука и образование»: Научное Издание Мгту Им. Н.Э. Баумана, Номер: 11 Год: 2014 Страницы: 72-94, Издательство: Московский Государственный Технический Университет Им. Н.Э. Баумана (Москва), Issn: 1994-0408.
27. Балакин Павел Дмитриевич, Шамутдинов Айдар Харисович, «Решение прямой и обратной задач кинематики оригинальной части шестикординатного манипулятора», Альманах современной науки и образования, Номер: 10 (77) Год: 2013 Страницы: 24-27.
28. Aristidou A., Lasenby J. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem // Graph. Models. 2011. T. 73. № 5. C. 243–260.
29. Зуева С. В. Использование Microsoft visual studio для решения прямой и обратной задач кинематики / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XIII

Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г.Томск, 22-23 марта 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 45-47].

30. Зуева С. В. Создание 3D модели манипулятора в MatLab Simulink / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 04-07 декабря 2017 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 104-105].
31. СанПиН "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы." от 21 июня 2003 г. № 2.2.2/2.4.1340-03 // Российская газета.
32. СНиП "Естественное и искусственное освещение." от 1 января 1996 г. № 23-05-95 // Российская газета.
33. СН "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки." от 31 октября 1996 г. № 2.2.4/2.1.8.562 – 96 // Российская газета.
34. ГОСТ "Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях." от 1 января 2013 г. № 30494—2011 // Российская газета.
35. Инструкция "Инструкция по организации работ, охране труда и экологической безопасности при работе на ПЭВМ /ПК/ в издательствах и на полиграфических предприятиях Госкомпечати России" от 17 июня 2011 г. Российская газета.
36. ГОСТ Р "Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое конторское оборудование." № 50377-92 (МЭК 950-86) // Российская газета.
37. ГОСТ "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования." № 12.2.032-78 // Российская газета.

38. НПБ "Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности." от 1 мая 2009 г. № 105-03 // Российская газета.
39. Технический регламент «о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2065/docs/>, свободный – Загл. с экрана. Язык русс. Дата обращения: 3.04.2018 г.
40. Закон Российской Федерации "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30 декабря 2001 г. № N 197-ФЗ // Российская газета.
41. СанПиН "Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" от 28 мая 2010 г. № 2.2.2/2.4.1340 – 03 // Российская газета.
42. Закон Российской Федерации "ОБ ОТХОДАХ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ" от 22 мая 1998 года № N 89-ФЗ // Российская газета.
43. ГОСТ "ССБТ. Защитное заземление, зануление." от 1 июля 1982 г. № 12.1.030–81 // Российская газета.

Приложение А

(обязательное)

Таблица сравнения симуляторов, представленных на рынке

Название симулятора	V-REP (virtual robot experimentation platform)	Webots	Gazebo (на основе ОС ROS)	KUKA.Sim	RobotStudio
Компания	Coppelia Robotics	CYBERBOTICS Ltd	Open Source Robotics Foundation	KUKA	ABB
Условия использования	<ul style="list-style-type: none"> – Бесплатная учебная версия – Коммерческая версия – Пробная версия 	<ul style="list-style-type: none"> – Коммерческая версия – Пробная версия 	Бесплатное использование	Коммерческая версия	<ul style="list-style-type: none"> – Бесплатная версия (базовая функциональность) – Коммерческая версия (Режим Premium Functionality)
Поддержка языков программирования и библиотек	<ul style="list-style-type: none"> – C, Lua – Удаленный API: C, Java, Python, Mayhlab, Octave, Lua 	<ul style="list-style-type: none"> – C / C ++, Matlab, Python, Java, Choregraphe, Aseba и т.д. – OpenCV, TensorFlow, Keras, CUDA, различные библиотеки обратной кинематики, генетические алгоритмы 	<ul style="list-style-type: none"> – Любой язык программирования + поддержка различных плагинов 	<ul style="list-style-type: none"> – Графическое программирование – KUKA.KRL 	<ul style="list-style-type: none"> – RAPID – Специальные функции программирования AutoPath и AutoReach – Режим Premium Functionality
Динамика	<ul style="list-style-type: none"> – Динамические расчеты – Реализация физических законов – Имитация взаимодействий – Расчеты прямой и обратной задач кинематики 	<ul style="list-style-type: none"> – Реализация физических законов 	<ul style="list-style-type: none"> – Динамическое моделирование – Реализация физических законов – Имитация взаимодействий 	<ul style="list-style-type: none"> – Построение планов и физических свойств производства – Параметрическая настройка моделей электронного каталога – Проверка достижимости и выявление столкновений 	<ul style="list-style-type: none"> – Библиотека роботов, деталей, инструментов и рабочих областей
Дистанционное управление	Присутствует	Присутствует (Возможность работы, как потоковый сервер моделирования)	Присутствует	Отсутствует (Имеется функция автономного программирования)	Отсутствует (Имеется функция автономного программирования)

Обнаружение столкновений	Присутствует	—	Присутствует	Присутствует	—
Модульность	<ul style="list-style-type: none"> — Большая библиотека готовых решений — Библиотека датчиков, роботов, приводов, объектов — Возможность создания новых модулей и роботов — Импорт/экспорт моделей 	<ul style="list-style-type: none"> — Возможность создания пользовательских модулей и объектов (зависит от версии) — Большая библиотека роботов (зависит от версии) — Импорт/экспорт моделей 	<ul style="list-style-type: none"> — Большая библиотека роботов — Возможность создания новых модулей и роботов — Импорт/экспорт моделей и множество форматов 	<ul style="list-style-type: none"> — Электронный каталог компонентов и роботов-манипуляторов компании — Импорт/экспорт моделей 	<ul style="list-style-type: none"> — Виртуальный/реальный контроллер — Импорт/экспорт моделей
Симуляция и моделирование работы датчиков	<ul style="list-style-type: none"> — Симуляция датчиков приближения — Симуляция работы визуальных сенсоров 	<ul style="list-style-type: none"> — Симуляция работы визуальных сенсоров 	<ul style="list-style-type: none"> — Генерирование показаний датчиков 	<ul style="list-style-type: none"> — Присвоение входящих и исходящих сигналов, датчиков, фоторелейных барьеров и других аналогичных физических свойств 	—
Запись и визуализация данных	<ul style="list-style-type: none"> — Стандартное — Заданное пользователем 	<ul style="list-style-type: none"> — Автоматизация повторяющихся экспериментов 	<ul style="list-style-type: none"> — Данные настраиваются пользователем 	—	—
Планирование движения	Присутствует	Присутствует	Присутствует	Присутствует	Присутствует

Приложение Б
(обязательное)
Техническое задание

Разработчик

Зуева С.В.

«__» _____ 2018 г.

Заказчик

Зав. отдел. АР Леонов С.В.

«__» _____ 2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

**на разработку программно-алгоритмического комплекса управления для
учебного робототехнического стенда в среде «Matlab»**

Шифр: «Манипулятор»

Назначение: СКУ РМ предназначена для управления учебным-роботом манипулятором.

Область применения: Учебные стенды, проведение лабораторных работ.

Объект управления: Мини-манипулятор, входящий в состав робототехнического комплекса, подключённого к персональному компьютеру.

1. Система должна обеспечивать выполнение следующих функций:
 - 1.1. Определение положения рабочего органа манипулятора.
 - 1.2. Определение углов поворота по заданному положению рабочего органа манипулятора.
 - 1.3. Визуализация движения трехмерной модели манипулятора.
2. Система должна обеспечивать выполнение следующих функций в интерактивном режиме взаимодействия с пользователем:
 - 2.1. Необходимые данные, задаваемые пользователем:
 - 2.1.1. Задание координат рабочего органа.
3. Требования к программной части системы:

Программная часть должна опираться на пакет прикладных программ «Matlab».

4. *Требования к оборудованию:*

Для корректной работы системы управления требуется:

4.1 Персональный компьютер с операционной системой Windows

7/8/8.1/10

4.2 Пакет прикладных программ «Matlab»

В процессе выполнения технического задания может подвергаться изменению по согласованию сторон.

Заказчик

Исполнитель

«__» _____ 2018 г.

«__» _____ 2018 г.

Приложение В

(обязательное)

Программный код для решения обратной задачи кинематики

```
L1=1;  
L2=0.5;  
L3=0.3;  
  
x=-0.354;  
y=0;  
z=1.654;  
  
syms q1 q2 q3;  
A = -sin(q1)*(L2*cos(q2)+L3*cos(q2+q3)) == x;  
B = cos(q1)*(L2*cos(q1)+L3*(cos(q2+q3))) == y;  
C = L1+L2*sin(q2)+L3*sin(q2+q3) == z;  
  
[Q1,Q2,Q3]=solve([A;B;C],q1,q2,q3)  
  
k1=abs(double(Q1));  
k2=abs(double(Q2));  
k3=abs(double(Q3));
```